

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 05-312998

(43)Date of publication of application : 26.11.1993

---

(51)Int. Cl.

G21H 5/00  
G21K 5/02  
H01J 27/16  
H01J 37/08  
H01L 21/265  
H01L 21/302

---

(21)Application number : 04-120507

(71)Applicant : HAMAMATSU PHOTONICS KK

(22)Date of filing : 13.05.1992

(72)Inventor : MIZUSHIMA YOSHIHIKO

---

(54) ION GENERATOR

(57)Abstract:

PURPOSE: To efficiently generate ion with a simple constitution.

CONSTITUTION: An X-ray tube using the X-ray main wavelength of 15 to 2 angstrom range and having a Be window is provided, and an element to be ionized is put in the region irradiated by the X-ray through the Be window. When soft X-rays are used for ion generation energy source, the absorption loss by Be of the soft X-ray of long wavelength increases compared with absorption by N<sub>2</sub> and O<sub>2</sub>, and so the rapid increase of loss rate over ca. 20 angstrom causes disadvantage. On the other hand, short wavelength of soft X-ray below 2 angstrom causes small absorption by the atmosphere, and so it does not fit for the ionization purpose. The X-ray tube used for the ion generator requires only the target voltage of 5kV and the target current of 20μA or so and small power source capacity, is small size, resultingly easy to handle and generates no noise.

---

## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 27.01.1995

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 2951477

[Date of registration] 09.07.1999

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against

examiner's decision of rejection]  
[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998, 2003 Japan Patent Office

**\* NOTICES \***

**JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.**

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

**CLAIMS**

---

[Claim(s)]

[Claim 1] The apparatus for generating ion characterized by including the matter which should be ionized to the field to which main wavelength generates the X-ray of the range of 15 thru/or 2A, and is equipped with the X-ray tube which carries out outgoing radiation of this X-ray from a beryllium window, and said X-ray is irradiated from said beryllium window.

[Claim 2] The apparatus for generating ion characterized by installing in the field to which it was limited in the ambient atmosphere containing the element which should ionize an X-ray tube according to claim 1, and generating ion around it.

[Claim 3] The apparatus for generating ion according to claim 1 characterized by making an irradiated object generate ion when especially wavelength uses the X-ray tube in 7 thru/or the range of 2A and irradiates an X-ray through still more nearly another beryllium window as said X-ray tube.

---

[Translation done.]

**\* NOTICES \***

JPO and NCIPI are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

**DETAILED DESCRIPTION**

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Industrial Application] This invention relates to an apparatus for generating ion. It is applied to the equipment for generating ion in order to make the equipment or the irradiated thin film for ionizing the ambient atmosphere concerned in atmospheric pressure thru/or a gas ambient atmosphere to that extent especially cause a chemical reaction.

[0002]

[Description of the Prior Art] Ultraviolet rays and X-ray microwave are used as an energy source which the conventional apparatus for generating ion makes generate ion although the equipment of various types is used by the object. Although ultraviolet rays were conventionally used for this kind of object, the ion electrical potential difference of the gas molecule in an ambient atmosphere had many things in 8 thru/or the range of 15 electron volts, object sufficient in ultraviolet rays could not be achieved and that effectiveness was not remarkable.

[0003] To use the X-ray by SOR (synchrotron radiation) for the same object is tried. However, SOR is not industrially materialized at all with huge equipment, and even if this invention is similar, it cannot compare a wavelength region. On the other hand, in other examples of the conventional ion source, although microwave discharge etc. was used, the big facility was needed and it had the problem in respect of the homogeneity of energy etc. This invention makes it the technical problem to solve such a trouble.

[0004]

[Means for Solving the Problem] The apparatus for generating ion concerning this invention is equipped with the X-ray tube which has the main wavelength of an X-ray in 15 thru/or the range of 2A, and has a beryllium (Be) aperture, and is characterized by including the element which should be ionized to the field to which an X-ray is irradiated from this Be aperture.

[0005]

[Function] As an energy source for ion generating, to use soft X ray itself is tried from the former. However, it was not conventionally clear what wavelength was effective among the wavelength of soft X ray. absorption loss according to Be when the wavelength of soft X ray is long since the technique of an X-ray tube of having had Be (beryllium) aperture was established recently, if the case where this is used is considered -- N<sub>2</sub> and O<sub>2</sub> etc. (shown as a representative in an atmospheric pressure ambient atmosphere) etc. -- it came to increase compared with the absorption to depend, and it turned out that X-ray about 20A or more has disadvantageous wavelength since a loss rate increases rapidly.

[0006] On the other hand, when the wavelength of soft X ray became short and became 2A or less, it turned out that absorption by the matter to include an ambient atmosphere etc. becomes small, and it is not suitable for the target ionization. Therefore, suitable wavelength to use it as an energy source of ionization has 2 thru/or the effective range of 20A.

[0007] On the wavelength of this range, there is comparatively little absorption loss by the Be aperture, and in the ambient atmosphere of atmospheric pressure extent, if a few is left in order to generate ion

while running short distance (for example, 10cm), and to disappear, there is also no effect to the body and it is comparatively safe. That is, the limited field told to claim 2 usually points out about 10-20cm or less, and the long range above 1m is not considered, considering the below-mentioned industrial use.

[0008] The X-ray tube used for this apparatus for generating ion is good with the target electrical potential difference of 5kV, and about A target 20micro current, and its power supply is also small and it ends, and it is small, and it is easy to treat it, and it has the advantage which does not generate a noise.

[0009]

[Example] Hereafter, this invention is explained still more concretely. The apparatus for generating ion of this invention is equipped with the X-ray tube which has Be aperture, and has composition which irradiates the X-ray by which outgoing radiation was carried out at an ionization way element from this Be aperture. Here, the wavelength of an X-ray is 2-15A, and, thereby, can offer a good apparatus for generating ion.

[0010] for example, the thing for which the thing of the wavelength of soft-X-ray extent is discharged, and ion is generated in the healthy equipment for generating ion in atmospheric air -- conventional Io -- disadvantage had discharge devices, such as NAIZA, in respect of a noise, exposure of a secondary terminal, etc. -- comparing -- actuation -- it turned out that it is simple, and is clean and effectiveness is also high.

[0011] In order to, make the space where specification was restricted in order to electrify a near body generate ion in an electrostatic copy machine as other application of this apparatus for generating ion for example, it can be used effectively. That is, the matter thru/or ambient atmosphere of the space concerned is ionizable by irradiating an X-ray from Be aperture to the space where the above was restricted. Thus, ion is generated, and the predetermined matter in predetermined space can be charged or discharged.

[0012] Moreover, a discharge start can be made easy by attaching an apparatus for generating ion to near in the case of the discharge start of the discharge tube containing gas. Furthermore, it is advantageous to build this in at the point which limits ionization to the limited range, and it is still more advantageous also in respect of insurance in the profitableness which does not mind the aperture of an excess. In this case, although ion generating space may not necessarily be atmospheric pressure, even when gas pressure is lower than atmospheric pressure, since ionization efficiency is high, this wavelength can expect the same effectiveness effectively.

[0013] Furthermore, acceleration control of the various chemical reactions can be carried out with ionization equipment. For example, by installing an up apparatus for generating ion in near also in the CVD method which generates and grows up an epitaxial film thru/or an oxide film thru/or the dry etching method which makes easy to react and is removed by the chemical reaction on a silicon substrate, the reactant gas concerned can be ionized and a reaction can be promoted.

[0014] Although the above-mentioned chemical reaction gas pressure has the case of atmospheric pressure, and the case of a reduced pressure condition, without being limited to atmospheric pressure extent also in this invention, since neither is essence, this distinction follows in activity eye and, also in under reduced pressure, contains.

[0015] Moreover, it is applicable also to thin film surface reaction besides the above-mentioned \*\*\*\* chemical reaction. The example is the surface treatment of plastics. For example, by irradiating soft X ray with up X-ray ionization equipment, by supplying ion to a surface layer from an ambient atmosphere, it can oxidize on the front face of the poly vinylidene (PVF) film, and a surface instability unsaturated bond can be changed into a stability coat layer on it. simple, since this processing can be performed in atmospheric pressure -- it is advantageous. Or an aluminum casting front face is changeable into a stable protective coat layer with the above-mentioned processing. Compared with having made the protective coat generate, it becomes a very simple approach by the electrolysis galvanizing method conventionally.

[0016] Moreover, although ion is used in the impurity impregnation by the ion beam, the sputtering method, etc. in semi-conductor processing, it is effective as these ion sources of release. That is, the ionization equipment of this invention is installed in the part which should serve as the ion source into

processing equipment, and material gas is irradiated with soft X ray. And the generated ion is accelerated with a suitable electrical potential difference through a slit etc., and an ion beam will be obtained if it introduces in a vacuum chamber. According to this invention, small validity can be made to generate ion compared with the conventional example using microwave discharge. Moreover, ion can be generated by absorption length, the direction of radiation, etc. of soft X ray within limited limits to need.

[0017] Furthermore, the soft X ray of the wavelength by this invention can make the same effectiveness cause by the exposure of soft X ray, even when making photochemical reaction which is illustrated by the so-called photoresist used for semi-conductor processing cause within thin film solid phase instead of making photoetching cause by optical exposure, since ion is generated within thin film solid phase. Of course, it is necessary to make an ambient atmosphere into a vacuum in this case. Since operating wavelength becomes short due to decomposition in the latest optical exposing method and this approach does not have a suitable source of powerful ultraviolet radiation, a leading solution is shown to the actual condition which has produced difficulty.

[0018] The above-mentioned exposure differs in the means and equipment, although the so-called X-ray lithography method and essence are similar. That is, since that wavelength is chosen according to the absorption difference with Be plate, this invention forms still more nearly another Be plate also in this case, and is irradiated through this.

[0019] There is no example for which this Be plate was used although the photo mask and role which were conventionally tried by X-ray lithography were similar. Although BN film, the SiN film, polyimide, etc. are used as a conventional mask (supporting lamella), since the thin film of extent which X-ray absorption can use as a mask for a while rather than them can also be obtained, the chemical reaction method by the X-ray induction ion of this invention combined with this is effective. Of course, a mask ingredient pattern can be laid on this Be thin film, and it can also apply to photolithography.

[0020] Be film is useful also as the thing which divides illuminating system and the system of reaction, or a partition aperture, and it is one of the descriptions of the ionization equipment concerning this invention to use Be in a soft X-ray apparatus.

[0021] Next, the selection criterion of the wavelength of soft X ray is described. For example, when ionizing atmospheric air, compared with the absorption loss in Be plate, it is required to enlarge absorption in atmospheric gas (for example, nitrogen N); the upper limit of wavelength becomes settled from this point, the property wavelength edge of N serves as an upper limit in this case, and it is about 30A. However, the loss ratio of N and Be serves as min in near the wavelength of 3.5A, and falls gently toward short wavelength. Since the absorption coefficient to N also falls as it progresses to short wavelength, the effectiveness of ionization also falls. Effectiveness falls by absorption in Be as it progresses to long wavelength.

[0022] It thinks from the absorption length for ionizing gas, and since not much small absorption length cannot apply, it turns into a minimum, then about 2.5A wavelength in the wavelength from which an ionization absorption coefficient becomes 20% or less in practical die length (for example, 10cm). Therefore, although 30 thru/or the range of 2.5A are suitable, an upper limit is made into 12A from the point of the ingredient which can be chosen as a target-of-X-ray-tube ingredient. That is, the ingredients which can be chosen in this range are Na (sodium), Mg (magnesium), aluminum (aluminum), Si (silicon), K (potassium), calcium (calcium), Ti (titanium), V (vanadium), etc.

[0023] If the example in the case of the CVD epitaxial reaction by the X-ray is described, the reaction principal component in this case will be SiH<sub>4</sub>. Since it is gas [ like ], the absorption comparison with Be and Si poses a problem. That is, since the property edge of Si is in 7.1A, this serves as an upper limit. A minimum is decided by Si absorption length and is 2.5A similarly. The minimum value exists in the 2.5A neighborhood in the meantime. An upper limit is [ 7A and the minimum of the most desirable wavelength ] 2.5A. Therefore, the range is expressed as about 7-2A.

[0024] As an example of the solid phase reaction by the X-ray, if the example of X-ray lithography photolithography is described, if the reactant in this case is Si subject's photoresist, it is the same as the above. If it is an organic giant-molecule subject's photoresist, it is the comparison with C (carbon) and Be, and

wavelength understands that an upper limit and a minimum are good by 15 of previous statement thru/or 2.5A. Also about CVD of aluminum, it is good at the same value.

[0025] When thinking as the ion beam source, if it is the ion sources, such as Mg, aluminum, Si, P (Lynn), and Ar (argon), it is the same as that of Si, and is good. About Si, the same is said of the case of an organic metal CVD etc., and it is good. although effectiveness does not fall [ the minimum of wavelength ] so much yet by at least about 2A about things which have comparatively big atomic weight, such as Ga (gallium), -- too -- a long wave -- since effectiveness is as high as merit in addition, as range of this invention, it is the same as that of Si etc.

[0026]

[Effect of the Invention] According to this invention, there is effectiveness which can be ionized very efficiently by the simple technique of using the X-ray tube which has Be aperture. For this reason, in various kinds of industrial fields, utilizing very broadly is possible.

---

[Translation done.]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平5-312998

(43) 公開日 平成5年(1993)11月26日

(51) Int.Cl. <sup>5</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 2 1 H 5/00	A	9117-2G		
G 2 1 K 5/02	X	8707-2G		
H 0 1 J 27/16 37/08		8617-4M	H 0 1 L 21/265	D

審査請求 未請求 請求項の数 3 (全 4 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願平4-120507

(22) 出願日 平成4年(1992)5月13日

(71) 出願人 000236436

浜松ホトニクス株式会社

静岡県浜松市市野町1126番地の1

(72) 発明者 水島 宜彦

静岡県浜松市市野町1126番地の1 浜松ホ  
トニクス株式会社内

(74) 代理人 弁理士 長谷川 芳樹 (外3名)

(54) 【発明の名称】 イオン発生装置

(57) 【要約】

【目的】 簡単な構成により、効率よくイオンを発生させる。

【構成】 X線の主要波長を15ないし20オングストロームの範囲に有し、Be窓を有するX線管を備え、Be窓からX線が照射される領域にイオン化すべき元素を含ませることを特徴とする。イオン発生のためのエネルギー源として、軟X線を利用する場合について考察すると、軟X線の波長が長いときには、Beによる吸収損失がN<sub>2</sub>、O<sub>2</sub>などによる吸収に比べて増加するようになり、約20オングストローム以上は損失割合が急増するため不利であることがわかった。一方、軟X線の波長が短くなり、2オングストローム以下になると、雰囲気による吸収が小さくなり、目的のイオン化に適しない。このイオン発生装置に使用されるX線管は、例えばターゲット電圧5kV、ターゲット電流20μA程度でよく、電源容量も小さくすみ、小型で扱い易く、雑音を生じない利点がある。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 主要波長が15ないし20オングストロームの範囲のX線を発生し、このX線をベリリウム窓から出射するX線管を備え、前記ベリリウム窓から前記X線が照射される領域にイオン化すべき物質を含ませることを特徴とするイオン発生装置。

【請求項2】 請求項1記載のX線管をイオン化すべき元素を含む雰囲気中の限定された領域に設置し、その周辺にイオンを発生させることを特徴とするイオン発生装置。

【請求項3】 前記X線管として、特に波長が7ないし20オングストロームの範囲にあるX線管を使用し、更に別のベリリウム窓を介してX線を照射することにより、被照射物にイオンを発生せしめることを特徴とする請求項1記載のイオン発生装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本発明はイオン発生装置に関するものである。特に、例えば大気圧ないしその程度のガス雰囲気中において、当該雰囲気をイオン化するための装置、または被照射薄膜に化学反応を起こさせるべく、イオンを発生させるための装置に適用される。

## 【0002】

【従来の技術および発明が解決しようとする課題】従来のイオン発生装置は、その目的によって種々のタイプの装置が使用されるが、イオンを発生させるエネルギー源としては、紫外線やX線マイクロ波が利用される。従来、この種の目的には、例えば紫外線が使用されていたが、雰囲気中のガス分子のイオン電圧は8ないし15エレクトロンボルトの範囲にあるものが多く、紫外線では充分の目的を果たすことができず、その効果は著しくなかった。

【0003】同様の目的に、SOR（シンクロトロン放射光）によるX線を利用することが試みられている。しかし、SORは巨大な装置で到底工業的に成立するものではなく、本発明とは波長域は類似であっても比較できるものではない。一方、従来のイオン源の他の例では、マイクロ波放電などが用いられていたが、大きな設備が必要になり、エネルギーの均一性などの点で問題を有していた。本発明は、このような問題点を解決することを課題としている。

## 【0004】

【課題を解決するための手段】本発明に係るイオン発生装置は、X線の主要波長を15ないし20オングストロームの範囲に有し、ベリリウム（Be）窓を有するX線管を備え、このBe窓からX線が照射される領域にイオン化すべき元素を含ませることを特徴とする。

## 【0005】

【作用】イオン発生のためのエネルギー源として、軟X線を利用すること自体は、従来から試みられている。し

かし軟X線の波長のうち、どの程度の波長が有効であるかは従来明確でなかった。最近、Be（ベリリウム）窓を有するX線管の技術が確立したので、これを使用する場合について考察すると、軟X線の波長が長いときには、Beによる吸収損失がN<sub>2</sub>、O<sub>2</sub>など（大気圧雰囲気での代表として示す）による吸収に比べて増加するようになり、波長が約20オングストローム以上のX線は損失割合が急増するため不利であることがわかった。

【0006】一方、軟X線の波長が短くなり、20オングストローム以下になると、雰囲気などを含む目的の物質による吸収が小さくなり、目的のイオン化に適しないことがわかった。従って、イオン化のエネルギー源として使用するのに適当な波長は、2ないし20オングストロームの範囲が有効である。

【0007】この範囲の波長では、Be窓での吸収損失は比較的少なく、かつ大気圧程度の雰囲気中では比較的短距離（例えば10cm）を走行中にイオンを発生して消失するため、少し離れば人体に対する影響も全くなき、安全である。すなわち、請求項2に言う限られた領域とは、通常は10～20cm程度以下を指し、1m以上のような長い距離範囲は、後述の工業的用途からして考えない。

【0008】このイオン発生装置に使用されるX線管は、例えばターゲット電圧5kV、ターゲット電流20μA程度でよく、電源容量も小さくすみ、小型で扱い易く、雑音を発生しない利点がある。

## 【0009】

【実施例】以下、本発明を更に具体的に説明する。本発明のイオン発生装置は、Be窓を有するX線管を備えており、このBe窓から出射されたX線をイオン化すべき元素に照射する構成になっている。ここで、X線の波長は2～15オングストロームであり、これにより、良好なイオン発生装置を提供できる。

【0010】例えば、大気中でイオンを発生させるための健康装置においては、軟X線程度の波長のものを放射してイオンを発生させることは、従来のイオナイザーなどの放電機器が、雑音や高圧端子の露出などの点で不利があったのに比べ、操作簡易で清潔であり、効率も高いことがわかった。

【0011】このイオン発生装置の他の応用としては、例えば静電式コピー機において、近傍にある物体に帯電させるために、特定の限られた空間にイオンを発生させるために有効に使用することができる。すなわち、上記の限られた空間にBe窓からX線を照射することで、当該空間の物質ないし雰囲気をイオン化できる。このようにイオンを発生させて、所定空間内にある所定物質を帯電または除電できる。

【0012】また、ガス入り放電管の放電スタートの際に、近傍にイオン発生装置を付設することによって、放電スタートを容易にすることができる。更に、これを内

蔵することは、イオン化を限定範囲にとどめたりする点で有利であり、余分の窓を介することのない有利さ、更に安全の面でも有利である。この場合は、イオン発生空間は必ずしも大気圧ではないこともあるが、ガス圧が大気圧より低い場合でも、この波長はイオン化効率が高いので、有効に同様の効果を期待することができる。

【0013】更に、種々の化学反応を、イオン化装置によって促進制御することができる。例えば、シリコン基板上に化学反応によってエピタキシャル膜ないし酸化膜を生成・成長させるCVD法ないし、反応しやすくして除去するドライエッチング法においても、近傍に上部イオン発生装置を設置することによって、当該反応ガスをイオン化して反応を促進することができる。

【0014】上記化学反応ガス圧力は、大気圧の場合と、減圧状態の場合とがあるが、この区別はどちらも本質ではないので、本発明の場合も大気圧程度に限定されることなく、使用目的に従って減圧下の場合も含む。

【0015】また上記の気相化学反応のほか、薄膜表面反応にも応用できる。その一例は、プラスチックの表面改質である。例えばポリビニリデン(PVF)膜の表面に、上部X線イオン化装置により軟X線を照射することによって表面層に雰囲気からイオンを供給することにより、表面の不安定不飽和結合を酸化し、安定被膜層に変えることができる。この処理は大気圧中で行えるので簡便有利である。あるいは、アルミニウム鍍造物表面を、上記の処理により安定な保護膜層に変えることができる。従来は電解めっき法によって保護膜を生成せしめていたのに比べ、極めて簡便な方法となる。

【0016】また、半導体加工においてはイオンビームによる不純物注入、スパッタリング法などにおいてイオンが用いられるが、これらのイオン発生源として効果的である。即ち加工装置中において、イオン源となるべき部分に本発明のイオン化装置を設置し、原料ガスを軟X線で照射する。そして、生成したイオンをスリット等を通して適当な電圧により加速し、真空室内に導入すればイオンビームが得られる。本発明によれば、マイクロ波放電を利用していた従来例に比べて、小型有効にイオンを発生させることができる。また、軟X線の吸収長や照射方向などによって、必要とする限定された範囲内でイオンを発生することができる。

【0017】また、更に半導体加工に用いられるいわゆるホトレジストに例示されるような光化学反応を薄膜固相内で起こさせる場合でも、本発明による波長の軟X線は、薄膜固相内でイオンを発生させるので、光照射によりホトレジストを起こさせる代わりに、軟X線の照射によって同様の効果を起こさせることができる。もちろん、この場合には、雰囲気は真空とする必要がある。この方法は、最近の光露光法において分解の関係で使用波長が短くなり、適当な強力紫外光源がないため困難を生じている現状に対して、有力な解決策を提示するもので

ある。

【0018】上記の露光は、いわゆるX線露光法と本質は類似するが、その手段および装置において異なるものである。すなわち本発明は、その波長がBe板との吸収差によって選ばれているので、この場合も、更に別のBe板を設け、これを介して照射するのである。

【0019】このBe板は、従来、X線露光で試みられたホトマスクと役割が類似しているが、使われた例はない。従来のマスク(支持膜)としてはBN膜、SiN膜やポリイミド等が使用されているが、それらよりもX線吸収が少し、かつマスクとして使用しう程度の薄膜を得ることもできるので、これと組合わせた本発明のX線誘導イオンによる化学反応法は有効である。もちろん、該Be薄膜上にマスク材料パターンを載置してホトリソグラフィに応用することもできる。

【0020】Be膜は、照射系と反応系とを仕切るもの、あるいは仕切り窓としても有用であって、軟X線装置において、Beを使用することが本発明に係るイオン化装置の特徴の一つである。

【0021】次に、軟X線の波長の選択基準について述べる。例えば大気をイオン化する場合には、Be板における吸収損失に比べ、大気ガス(例えば窒素N)における吸収を大きくすることが必要で、この点から波長の上限が定まり、この場合にはNの特性波長端が上限となり、約30オングストロームである。しかし、NとBeとの損失比は、波長3.5オングストローム付近において最小となり、短波長に向かって緩やかに低下する。短波長に進むに従い、Nに対する吸収係数も低下するので、イオン化の効率も低下する。長波長に進むに従い、Beにおける吸収によって効率は低下する。

【0022】ガスをイオン化するための吸収長から考えて、あまり小さな吸収長は適用できないので、実用的な長さ(例えば10cm)においてイオン化吸収率が20%以下になる波長を下限とすれば、約2.5オングストローム波長になる。従って、30ないし2.5オングストロームの範囲が適当であるが、X線管ターゲット材料として選択しうる材料の点から、上限は12オングストロームとされる。すなわち、この範囲で選択しうる材料は、Na(ナトリウム)、Mg(マグネシウム)、Al(アルミニウム)、Si(シリコン)、K(カリウム)、Ca(カルシウム)、Ti(チタン)、V(バナジウム)などである。

【0023】X線によるCVDエピタキシャル反応の場合の例について述べれば、この場合の反応主成分はSiH<sub>4</sub>のようなガスなので、BeとSiとの吸収比較が問題となる。すなわち、Siの特性端が7.1オングストロームにあるので、これが上限となる。下限はSi吸収長できまり、同様に2.5オングストロームである。この間において、最小値は2.5オングストロームの付近に存在する。最も好ましい波長は、上限が7オン

5

グストローム、下限が2.5オングストロームである。従って、範囲は7~2オングストローム程度と表現される。

【0024】X線による固相反応の例として、X線露光ホトリソグラフィの例を述べれば、この場合の反応物はSi主体のホトレジストであれば上記と同じである。有機高分子主体のホトレジストであれば、C（カーボン）とBeとの比較であり、波長は上限、下限ともに、既述の15ないし2.5オングストロームでよいことがわかる。AlのCVDについても、同じ値でよい。

【0025】イオンビームソースとして考える場合、Mg, Al, Si, P（リン）, Ar（アルゴン）などの

6

イオン源ならばSiと同様でよい。有機金属CVDなどの場合も、Siについて同様でよい。Ga（ガリウム）などの比較的原子量の大きなものについては、波長の下限は2オングストローム程度でも、まだ効率はそれほど低下しないが、やはり長波長ほど効率はなお高いので、本発明の範囲としてはSiなどと同様である。

【0026】

【発明の効果】本発明によれば、Be窓を有するX線管を利用するという簡便な手法により、極めて効率よくイオン化できる効果がある。このため、各種の工業分野において、極めて幅広く活用することが可能である。

フロントページの続き

(51)Int. Cl.<sup>5</sup>

H01L 21/265

21/302

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

Z 8518-4M